

Ambiances thermiques : travail en période de fortes chaleurs

La canicule de l'été 2003 a soulevé de nombreuses questions sur les conséquences sanitaires du travail en ambiance chaude sur la santé et sur leur prévention. Durant cette période, la contrainte thermique imposée par cette situation climatique s'est posée clairement et de nombreuses questions sont parvenues à l'INRS. Un dossier d'information a alors été constitué sur le site Internet de l'Institut (www.inrs.fr). Cependant, il est apparu que ces informations devaient être développées et complétées pour faire face plus efficacement à un éventuel nouvel épisode de canicule. Un groupe de travail pluridisciplinaire (*) a alors été réuni pour préparer des recommandations et un dossier d'information.

La canicule de l'été 2003 a fait prendre conscience des conséquences sur la santé du travail en période de fortes chaleurs et a trouvé les préventeurs relativement démunis en matière de recommandations à appliquer face à de telles ambiances thermiques. Pourtant, la liste des situations de travail susceptibles d'occasionner des problèmes de gêne, d'inconfort ou de contrainte thermique liés aux seules conditions extrêmes de températures est bien plus longue que l'on ne l'imagine. L'homme est un homéotherme et sa température corporelle doit demeurer constante quelles que soient les caractéristiques thermiques de l'environnement. Pour ce faire sont mis en jeu des mécanismes de régulation complexes (cf. p. 57 - «Adaptation à la chaleur et effets sur l'homme»).

L'exposition à la chaleur peut, même si elle est occasionnelle, déborder ces mécanismes de régulation et être à l'origine de troubles sérieux, et ceci d'autant plus chez un individu qui n'y est pas préparé (acclimatement). Sur le lieu de travail, une combinaison de facteurs individuels (âge, santé physique, état de fatigue, dépense physique inhérente à la tâche...) et collectifs (organisation de l'activité, conditions de travail...) joue alors un rôle prépondérant sur l'altération des performances mentales et physiques des individus pouvant entraîner une augmentation du risque d'accident (deux exemples de cas cliniques représentatifs sont résumés dans l'*encadré I*). Il est donc nécessaire d'assurer une information des salariés sur le travail en ambiance thermique d'été, d'informer et de former sur les risques de l'exposition à la chaleur, et le médecin du travail a ici un rôle fondamental.

GRUPE DE TRAVAIL :
Y. GANEM *
J.P. MEYER **
N. LUZEAUX ***,
G. BRASSEUR ***,
L. LABORDE ***,
J.L. POMIAN ****

* Département Études et assistance médicale, INRS, Centre de Paris

** Département Homme au travail, INRS, Centre de Lorraine

*** Département Produits d'information, Centre de Paris

**** Département Équipements de travail, Centre de Paris

EXEMPLES DE SITUATIONS D'ACCIDENTS LIÉS AUX FORTES CHALEURS

► Le premier jour de canicule de la saison surprend tout le monde. Fin juin, le thermomètre affiche déjà plus de 30°C. Apprenti dans une menuiserie, Yann, 19 ans doit s'occuper d'un déchargement de matériel dans une cour située à un peu plus de 1,5 km de l'atelier où il travaille habituellement. Ce début d'après midi, il s'y rend en voiture. Arrivé sur place, Yann a soif. L'eau est restée à l'atelier. «Tant pis !». Pris par le temps, il renonce à faire demi-tour. «Avec cette chaleur, mieux vaut s'économiser, se dit-il. Puis la bière du déjeuner m'aidera à tenir». Il s'attelle à la tâche. Alors que le matin, l'atmosphère moite qui régnait dans l'atelier avait provoqué chez le jeune homme une sudation excessive, il réalise que, finalement, il transpire beaucoup moins à l'extérieur. En revanche, Yann a des maux de tête. Malgré son excellente santé physique, il se rend également compte que ce travail difficile occasionne chez lui la survenue de crampes musculaires. A plusieurs reprises, il est pris d'une forte sensation de chaleur et éprouve quelques difficultés à se concentrer sur la tâche à accomplir. Une heure trente plus tard, alors qu'il reprend le volant, il est pris d'un malaise et perd le contrôle du véhicule.

► Lundi 11 août, Eric, 42 ans, reprend le travail après un arrêt maladie. La canicule, qui s'est abattue sur le pays il y a une dizaine de jours ne faiblit pas. La nuit précédente, la température a même atteint des records historiques : à Paris, elle n'est pas descendue en dessous de 25,5 °C. Le corps ne bénéficie plus des quelques heures de repos compensateur pour retrouver des conditions physiologiques normales.

Ce lundi matin, Eric rejoint trois collègues sur un chantier de construction de maison individuelle. Avec eux, il doit notamment poser des éléments préfabriqués en béton, déchargés et stockés à l'entrée du chantier, en plein soleil. Malgré la chaleur, l'horaire de travail a été maintenu.

En début de matinée, Eric boit beaucoup. Mais très vite, l'eau n'est plus très fraîche... Il ne prête pas attention à la sensation de fatigue qu'il ressent. A 11h, alors qu'il a définitivement renoncé à boire de l'eau tiède, il est en proie aux premiers étourdissements. A plusieurs reprises, ses collègues s'inquiètent de son état, sans qu'aucun ne reconnaisse le coup de chaleur. Après le déjeuner, alors qu'il s'apprête à reprendre son activité, Eric perd conscience.

ENCADRÉ I



Documents pour le Médecin du Travail
N° 97
1^{er} trimestre 2004

Ce dossier a pour objectif de proposer une aide à l'évaluation des risques liés à la chaleur causés par des conditions climatiques extrêmes en milieu professionnel, de décrire les réactions de l'organisme lorsqu'il est confronté à ces conditions extrêmes, et de présenter

des solutions de prévention – astuces, aménagements, recommandations – qui peuvent être mises en place selon les différentes situations de travail.

Ces dernières doivent permettre, lors de la survenue de journées particulièrement chaudes, de limiter les

LE CONFORT THERMIQUE

Le confort thermique est une notion fondamentalement subjective. Les critères de confort thermique au travail ne sont pas identiques pour tout le monde : ils dépendent de l'âge, du sexe, des caractéristiques individuelles, du travail effectué.

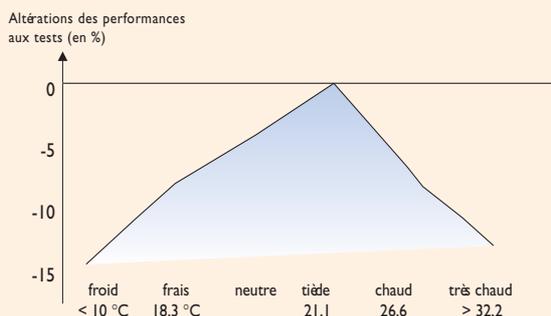
Qu'est-ce que le confort thermique ?

Le confort thermique est la satisfaction d'un individu eu égard aux conditions thermiques de son environnement. Il est par définition particulièrement dépendant des perceptions individuelles et influencé par l'activité physique (production de chaleur), l'habillement et les niveaux et fluctuations des caractéristiques de l'ambiance thermique (températures de l'air (t_a), de rayonnement (tr), de contacts, humidité et vitesse de l'air (V_a)).

Les conditions de confort thermique sont définies dans la norme X 35-203 (AFNOR 1995). Ses données sont basées sur les indices de vote prédit moyen (PMV) et de pourcentage de personnes insatisfaites (PPD) par le confort d'une situation. Les normes indiquent que dans une situation de confort idéale, 5 % des salariés sont insatisfaits. En réalité, ce pourcentage est plutôt de 20 % et confirme le fait qu'il est illusoire de vouloir satisfaire un soit disant « monsieur tout le monde » qui n'existe pas. Les variabilités interindividuelles de perception du confort expliquent qu'une situation thermique théoriquement idéale puisse être jugée inconfortable par au moins 1 salarié sur 5.

En conséquence, afin d'optimiser une condition thermique qui respecte des conditions théoriques de confort, il est nécessaire de questionner les salariés exposés à l'ambiance. Des exemples de questionnaires facilement utilisables et exploitables, pour autant qu'une dizaine de salariés au moins y ait répondu, sont proposés dans la norme AFNOR ISO 7730.

Figure A : Altérations des capacités neuromusculaires (temps de réaction) et cognitives (tests mentaux) exprimées en % des performances en situation de neutralité thermique [d'après Pilcher et coll., 2002].



Un modèle théorique de confort, développé par Fanger (1972), pose trois conditions pour être en situation de confort thermique :

- l'équilibre thermique, soit pas de variation, à moyen terme, de la température centrale du corps ;
- une température cutanée (t_s) qui permette cet équilibre en fonction de la température de l'air (t_a) ;
- un débit de sueur modéré qui peut augmenter en fonction de la dépense énergétique.

Pour un salarié sédentaire ces conditions peuvent se résumer au maintien de la température centrale sans réaction thermorégulatrice importante, une circulation sanguine stable, des variations négligeables de la fréquence cardiaque de repos, une sudation modérée et de faibles différences de températures cutanées locales.

Pourquoi une situation de confort thermique ?

Il s'agit en premier lieu d'un souci de santé. En effet, permettre à l'homme de travailler dans les situations les plus confortables possible limite les atteintes à la santé. En deuxième lieu, il s'agit également d'un souci de performance. La figure A présente les variations de performance neuromusculaire en fonction de la température. Cette figure, tirée d'une revue de la littérature exhaustive et récente [Pilcher et coll., 2002], met en évidence que les capacités neuromusculaires et cognitives sont altérées dès que l'on s'éloigne d'une valeur de consigne qui est la neutralité thermique. L'altération est plus rapide si les températures varient vers le chaud que vers le froid.

La revue de ces auteurs met également en évidence que la performance dans les tâches cognitives est plus altérée que ne l'est celle des tâches de vitesse ou de temps de réaction. De même, que la contrainte thermique soit froide ou chaude, les tâches courtes sont plus dégradées que les tâches longues.

Outre les pertes de performances, la diminution des capacités de réaction doit rendre vigilant quand au risque d'accident plus important à mesure que les conditions thermiques s'éloignent de la neutralité ou du confort.

Quelles conditions pour le confort thermique ?

La norme sur le confort thermique (AFNOR, 1995) utilise les températures opératives (t_o) pour exprimer la contrainte thermique. La t_o associe la température de l'air (t_a) et la température de rayonnement (tr) selon la relation $t_o = a.t_a + (1-a).tr$ où la

risques d'accidents auxquels le salarié peut s'exposer lui-même ainsi que ceux qu'il peut faire courir à son environnement proche.

Ce dossier n'aborde pas la question spécifique du travail exposant à de fortes sources de chaleur causées par le

processus industriel telles que l'on peut les rencontrer dans certaines activités comme la fonderie, la verrerie, etc.

Enfin, un tel dossier ne peut être conçu qu'en référence à la notion de confort thermique. Cet aspect est développé dans l'encadré 2 ci-dessous.

constante a dépend de la vitesse de l'air. La mesure de la tr n'est pas dans les préoccupations de ce document. En effet, en situation de confort la tr doit être proche de la ta. Cette dernière peut être la grandeur de référence d'autant plus que la mesure de tr impose un matériel rarement disponible.

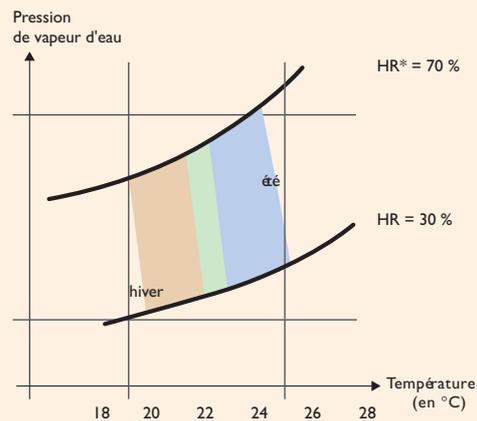
Les conditions de confort thermique sont définies simplement par des graphiques qui tiennent compte de la t_o ou de la ta et de l'humidité de l'air.

Dans les régions tempérées, la température de confort en période chaude est inférieure de 2 à 3 °C à son équivalent en période froide.

Des données d'origines diverses corroborent des variations des paramètres physiques d'une ambiance de confort en fonction du métabolisme énergétique (figure B). Des tableaux permettent de rendre compte de cet effet de façon plus pratique que la figure B. Les t_o qui induisent un vote prédit moyen (PMV) de 0 sont rapportées dans le tableau ci-dessous pour diverses activités et deux isolements vestimentaires A (clo = 0,5 ; tenue légère, chemisette et pantalon léger) et B (clo = 0,75 ; tenue courante, pantalon et chemise).

Les données de ce tableau montrent que la température de confort varie considérablement en fonction de l'activité et que l'adaptation comportementale (le vêtement) permet de compenser des différences de perception de confort. Par exemple, dans une situation de travail léger (ligne 3 du tableau), l'adaptation du vêtement en ajoutant ou retranchant 0,25 clo permet de corriger des différences de températures de confort de 2,1 °C (23,0 à 20,9). Ainsi, même s'il est difficile et quasi impossible de satisfaire un « monsieur tout le monde », un réglage « idéal » de l'environnement est assez simple à trouver afin que chacun autour de cette valeur « idéale » puisse trouver sa propre situation de confort en adaptant juste son habillement.

En situation de confort thermique, l'humidité relative de l'air peut varier entre 30 et 70 %, ce qui évite une humidification excès-



HR : humidité relative

Figure B : Définition d'une zone de confort. Limites schématisées pour les conditions de confort d'été (zone zébrée jaune) et d'hiver (zone à carreaux bleus) au Canada selon Charbonneau (2002). La zone en vert au centre correspond aux conditions de confort en été et en hiver.

sive de la peau ou, à l'opposé, une sécheresse des muqueuses. La vitesse de l'air doit être non perceptible si le travail physique est léger ($V_a < 0,2 \text{ m.s}^{-1}$). Si la V_a est perceptible, elle doit être inférieure à $0,8 \text{ m.s}^{-1}$. Enfin, la température de l'air ne doit pas varier de plus de $0,5 \text{ °C}$ par heure. Un travail immobile peut être perçu inconfortable dans un environnement inhomogène même si des différences de températures locales sont faibles. Ainsi, une différence de 3 °C entre les pieds et la tête est facteur d'inconfort. Il en est de même pour des températures de rayonnement inhomogènes causées par des parois (murs, vitres) dont les températures de surface sont très différentes. Les différences dans ces cas sont plus difficiles à chiffrer. En pratique, une situation de travail immobile, à faible métabolisme, impose des températures de parois proches, sinon identiques entre elles et égales à la température sèche de l'air.

Valeurs de températures opératives de confort (t_o en °C) pour différentes activités et intensité de travail physique (en met) et deux types de vêtements (A = 0,5 clo, tenue légère, chemisette et pantalon léger ; B = 0,75 clo, tenue courante, pantalon et chemise). Le met, unité utilisée par les physiologistes, est l'expression de l'intensité de la dépense énergétique dont l'unité est un sujet au repos assis ($3,5 \text{ ml.kg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

Activité	Isolement vestimentaire		Dépense énergétique (met)
	A (0,5 clo)	B (0,75 clo)	
Repos complet	28,2	27,7	0,8
Travail léger	24,2	22,5	1,4
Travail léger	23,0	20,9	1,6
Modéré	17,0	15,0	2,2
Lourd	14,5	11,3	3,0
Très lourd	10,5	6,0 (extrapolée)	4,0

Données épidémiologiques

EN FRANCE

Les vagues de chaleur sont associées à une élévation de la mortalité dans la population. La canicule qui a touché la France en août 2003 a été exceptionnelle par les pics thermiques relevés de jour et par les niveaux des températures nocturnes, jamais observés par le passé. Les conséquences sanitaires ont été sévères, avec une mortalité touchant essentiellement les personnes âgées. Après la crise de l'été, les pouvoirs publics français ont souhaité très rapidement connaître l'ampleur de la surmortalité attribuable à la canicule. Dans ce contexte exceptionnel, l'INSERM (1) est parvenu, en moins d'un mois, à établir une première évaluation de 14 802 décès, tandis que les autres pays européens semblaient à l'époque relativement épargnés.

D'après les premières données provisoires recueillies en interrogeant les Caisses régionales d'assurance maladie concernant les accidents de travail déclarés liés à la canicule (malaises, hyperthermie, coup de chaleur, etc.), on peut évaluer à ce jour le nombre de décès probables par coup de chaleur à environ 15 pour le régime général de la Sécurité sociale, principalement dans le secteur du bâtiment ; ce chiffre est plus élevé que ceux des années précédentes si l'on compare ces données à celles enregistrées dans la base EPICEA (2). Compte tenu de la méthodologie de recueil, ces données sont présentées sous toute réserve et restent à confirmer. Cependant, elles mettent en lumière les effets d'une activité physique intense par temps de canicule y compris chez les personnes jeunes.

DANS LES AUTRES PAYS EUROPÉENS

Les autres pays européens ont été moins touchés que la France par la vague de chaleur. Mais au fur et à mesure que des statistiques y sont publiées, il apparaît que plusieurs d'entre eux ont été également touchés par le phénomène de surmortalité. Celle-ci n'est donc pas une spécificité française. De fait, la situation des pays voisins de la France est contrastée.

La canicule de l'été 2003 n'a pas causé de surmortalité significative en Belgique, ni en Suisse où l'Office fédéral des statistiques a diffusé, le 25 novembre 2003, une étude annonçant que le nombre des décès enregistrés au mois d'août 2003 pour l'ensemble du pays s'inscrivait à un niveau supérieur de seulement 4,9 % à la moyenne des quatre dernières années. Deux

grandes villes proches de la frontière française faisaient toutefois exception : Genève (+ 23 %) et Bâle (+ 22 %).

S'agissant du Royaume-Uni, l'Office for National Statistics a estimé, en octobre 2003, que le nombre des décès en surnombre pendant la période du 4 au 13 août, pour l'Angleterre et le Pays de Galles, s'établissait à 2 045 personnes, soit un écart de + 15,6 % par rapport à la moyenne des cinq dernières années.

Pour les autres pays européens, les données ne sont encore définitives communiquées par le Ministre de la Santé à la mission d'information du Sénat (février 2004) étaient les suivantes : 6 200 morts supplémentaires en Espagne, 7 659 en Italie du Nord, 1 400 au Portugal, 1 400 aux Pays-Bas et de 3 000 à 7 000 en Allemagne.

La France a donc été le pays le plus touché par la vague de chaleur caniculaire qui s'est étendue sur une grande partie de l'Europe.

En ce qui concerne le milieu de travail, aucune statistique des accidents n'a été retrouvée au moment de la préparation de ce dossier.

Facteurs de risque

Il est fondamental d'identifier les risques inhérents au travail en ambiance thermique d'été, ainsi que les événements ou les facteurs de risque qui peuvent conduire à la survenue de ces risques. Plusieurs facteurs doivent donc être pris en compte lors de cette évaluation ; ce sont des facteurs liés aux postes de travail, organisationnels et environnementaux ainsi que des facteurs individuels. L'évaluation des risques doit réaliser tout employeur (loi du 31 décembre 1991 et décret du 5 novembre 2001 précisant que la transcription des résultats de cette évaluation doit se faire dans un document unique) doit prendre en compte les risques spécifiques qui, en matière de travail en ambiance thermique d'été, se surajoutent aux risques habituellement encourus :

- risque d'accident du travail consécutif à une perte de vigilance ;
- risque, pour le ou les individus exposés, de crampes musculaires ou de malaise ;
- risque de « coup de chaleur ».

Aux facteurs liés aux postes de travail s'ajoutent des facteurs individuels qui doivent être connus et dont certains ne peuvent être pris en compte que par le médecin du travail afin d'informer les salariés, d'adapter les recommandations à ces facteurs individuels et de conseiller des adaptations de postes tout en préservant la confidentialité médicale.

(1) Rapport de Denis Hémon (Directeur de l'Unité Inserm 170 – IFR 69 « Recherches épidémiologiques et statistiques sur l'environnement et la santé ») et Eric Jougl (Directeur du CépiDc – IFR 69 « Centre d'épidémiologie sur les causes médicales de décès »).

(2) EPICEA : base donnée factuelle, anonyme et non statistique recensant des descriptifs d'accidents de travail ; les cas répertoriés décrivent le déroulement d'un accident et l'analyse de ses causes.

DÉFINITION DE LA JOURNÉE «INHABITUELLEMENT CHAUDE»

Le «temps qu'il fait» est l'un des premiers facteurs à prendre en considération. En fonction de l'humidité relative et de la latitude, la vigilance s'impose dès que la température ambiante dépasse dans la journée 30 °C. Les bulletins d'alertes régionaux, régulièrement publiés par Météo France, permettent de prendre connaissance de la température ambiante.

Le risque est accru par :

→ une humidité relative de l'air élevée (supérieure à 70 %) ;

→ des températures nocturnes supérieures à 25 °C (celles-ci ne favorisent pas une récupération complète de l'organisme : inconfort thermique nocturne et sommeil de mauvaise qualité).

La mesure de la température sèche (ambiante) est réalisée par un simple thermomètre placé à l'ombre si le travail a lieu à l'extérieur. Peuvent être aussi utilisés des

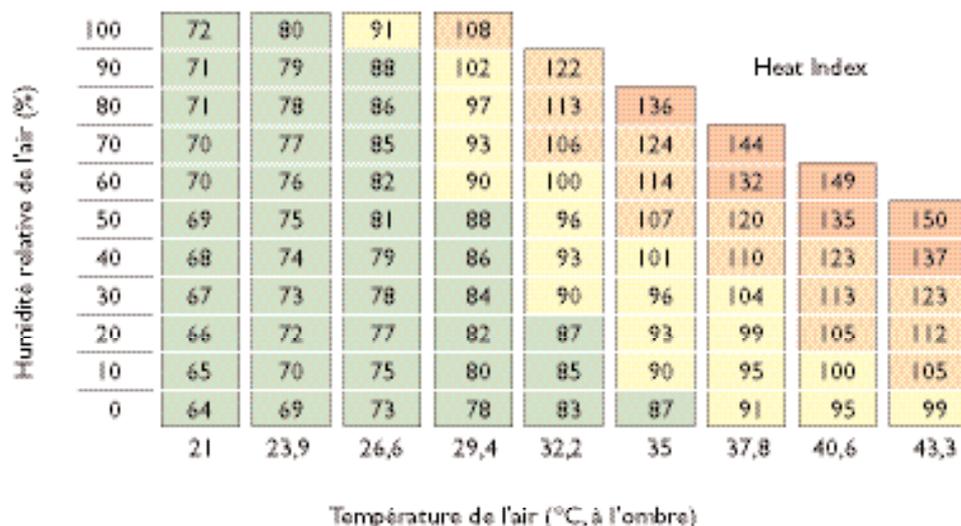
sondes à résistance ou des couples thermoélectriques. La mesure de l'humidité relative de l'air est réalisée par un hygromètre, appareil de mesure disponible dans le commerce.

ÉVALUATION DU RISQUE AU POSTE DE TRAVAIL

Facteur «température/humidité de l'air»

En première approche, indépendamment du poste de travail et, en particulier, de la pénibilité, le facteur de risque climatique peut être facilement évalué par la simple mesure de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air, avec utilisation du «Heat Index Chart» (figure 1). Ce diagramme a été mis au point en 1985 par le département américain de météorologie nationale, afin de prévenir les accidents et les décès en cas

Fig. 1 : Diagramme température / humidité, en relation avec les troubles physiologiques liés à la chaleur (traduction du Heat Index Chart) d'après le National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, États-Unis, 1985)



Afin de faciliter la lecture et l'utilisation du diagramme, les valeurs absolues des indices (sans unité) ont été conservées. Seule l'échelle des températures a été convertie en °C. Le Heat Index est établi pour des conditions nuageuses (température mesurée à l'ombre), avec un vent léger. Il faut ajouter 1,5 à l'indice obtenu pour un travail en plein soleil.

Heat Index	Troubles physiologiques possibles en cas d'exposition prolongée à la chaleur et/ou avec une activité physique
80 à 90	Fatigue
90 à 104	«Coup de soleil*», crampes musculaires et épuisement physique
105 à 129	Épuisement, coup de chaleur possible
130 et plus	Risque élevé de coup de chaleur / coup de soleil

* Conséquence d'une exposition au soleil (rayonnements ultraviolets)

TABLEAU I

Caractérisation de la charge physique au poste de travail (d'après la norme ISO 8996)

Classification à 4 niveaux des charges physiques de travail (pénibilité), avec exemples			
Classe	Valeur pour le calcul du métabolisme moyen		Exemples
	W	W/m ²	
-	70	40	Sommeil
-	100	55	Repos assis
-	120	65	Repos debout
Léger	180	100	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Travail de secrétariat, travail manuel léger assis (taper sur un clavier, écrire, dessiner, coudre, faire de la comptabilité) ▶ Travail assis avec de petits outils, inspection, assemblage ou triage de matériaux légers ▶ Travail des bras et des jambes (conduite de véhicule dans des conditions normales, manœuvre d'une pédale) ▶ Travail debout (fraisage, forage, polissage, usinage léger de petites pièces) ▶ Utilisation de petites machines à main ▶ Marche occasionnelle lente (inférieure à 3,5 km/h)
Moyen	300	165	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Travail soutenu des mains et des bras (cloutage, vissage, limage.). ▶ Travail des bras et des jambes (manœuvre sur chantiers d'engins (tracteurs, camions.). ▶ Travail des bras et du tronc, travail au marteau pneumatique, plâtrage, sarclage, binage, cueillette de fruits et de légumes ▶ Manutention manuelle occasionnelle d'objets moyennement lourds ▶ Marche plus rapide (3,5 à 5,5 km/h), ou marche avec charge de 10 kg
Lourd	410	230	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Travail intense des bras et du tronc ▶ Manutention manuelle d'objets lourds, de matériaux de construction ▶ Travail au marteau ▶ Pelletage, sciage à main, rabotage ▶ Marche rapide (5,5 à 7 km/h), ou marche de 4 km/h avec charge de 30 kg ▶ Pousser ou tirer des chariots, des brouettes lourdement chargés ▶ Pose de blocs de béton
Très lourd	520	290	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Travail très intense et rapide (par exemple déchargement d'objets lourds) ▶ Travail au marteau à deux mains ou à la hache (4,4 kg, 15 coups/minutes) ▶ Pelletage lourd, creusage de tranchée ▶ Montée d'escaliers ou d'échelles ▶ Marche rapide, course (supérieure à 7 km/h)

de vague de chaleur en été. D'approche simple, ce «Heat Index» ou «index de chaleur» est aujourd'hui très largement utilisé.

Le diagramme de la figure 1 montre que toute combinaison humidité/température donnant un indice supérieur à 90 expose les travailleurs à un risque de «coup de soleil» (consécutif à une exposition au soleil et donc à l'association des rayonnements ultraviolets à la chaleur), de crampes musculaires dues à la chaleur, ou d'épuisement physique.

Un indice supérieur à 105 indique un risque possible de «coup de chaleur».

Pour des températures ambiantes supérieures à 33 °C, des données de la littérature montrent que le salarié est exposé à un risque accru de :

- perte de capacité physique ou cognitive (crampe, incident, maladresse, perte d'attention ou de concentration), pouvant l'exposer ou exposer ses collègues à un accident de travail ;
- insolation, crampes ou malaise ;
- hyperthermie, voire «coup de chaleur».

Dépense énergétique

Tout travail physique implique une dépense d'énergie, donc une production de chaleur. Il va avoir un impact non négligeable sur le confort thermique ou la contrainte thermique de la personne, surtout dans des environnements chauds. Plus la charge de travail sera lourde, et plus la chaleur sera difficile à supporter, et plus le risque de coup de chaleur sera important.

Le *tableau I* donne quelques exemples de travaux et leur classification en niveaux de charge physique. Cette classification de la pénibilité des tâches permet de calculer la dépense énergétique d'un travail en le décomposant en ses tâches principales [Horwat et Meyer, 1998].

Dans un contexte d'ambiance thermique d'été, il faudra donc être particulièrement vigilant pour les personnes amenées à effectuer des travaux physiques pénibles, caractérisés par les niveaux «lourd» et «très lourd» de la classification de la charge physique (tableau I).

Des méthodes détaillées permettent d'évaluer de fa-

çon plus précise la dépense énergétique lors de l'exécution d'une tâche

Indices de risque

Des méthodes de mesurage et d'analyse des contraintes et des astreintes thermiques ont été développées depuis de nombreuses années pour répondre à des situations à risque dans les activités classiques de travail à la chaleur (sidérurgie, mines, verreries...). Les grandes lignes de ces outils sont rappelées ici à titre d'information. En effet, les accidents liés à la canicule ont, le plus souvent, lieu dès les premiers jours de canicule. En conséquence, ces méthodes lourdes d'analyse ont peu d'intérêt dans la prévention qui nous intéresse ici. Trois aspects peuvent être distingués bien qu'ils soient étroitement liés dans les concepts de ces méthodes d'analyse :

→ évaluation de la contrainte :

- La métrologie des différents paramètres physiques de la contrainte thermique (températures de l'air et de rayonnement, humidité et vitesse de l'air) est également définie par une norme (ISO 7726).

- L'indice WBGT (Wet Bulb and Globe Temperature ou température humide et de globe noir, norme ISO 7243), est une pondération entre la température de globe et la température humide naturelle à l'abri ($WBGT = 0,7 Th_n + 0,3 Tg$) ou à l'extérieur la température de l'air est aussi considérée ($WBGT = 0,7 Th_n + 0,2 Tg + 0,1 Ta$).

→ évaluation de l'astreinte

L'indice "astreinte thermique prévisible" (ISO 7933) est l'outil de prévision qui nécessite, pour être utilisé à bon escient, un mesurage des divers paramètres physiques de l'ambiance, l'évaluation de l'isolement vestimentaire (ISO 9920) et une évaluation précise de la dépense énergétique des sujets exposés.

→ évaluation de la dépense énergétique.

Pour produire 1 unité de travail l'organisme produit entre 5 et 90 unités de chaleur. Ce paramètre est donc essentiel dans l'évaluation de l'astreinte thermique d'une tâche. La norme ISO 8996 détaille les différentes méthodes d'évaluation de la dépense énergétique. Les méthodes par description de l'activité permettent de classer l'intensité du travail (tableau I). Dans l'ordre croissant de précision de l'estimation de la dépense énergétique on peut citer après la description, le recueil de la fréquence cardiaque (FC) seule, ou associée à un test d'effort pour établir une relation FC – consommation d'oxygène (VO_2) et enfin, la mesure directe de la VO_2 au cours du travail qui est la valeur de référence.

FACTEURS INDIVIDUELS

Des caractéristiques individuelles des salariés contribuent à majorer le risque. Si certaines sont accessibles à l'employeur (habitude de la tâche, acclimatement, âge), d'autres ne peuvent être prises en compte que

par le médecin du travail dont le rôle est fondamental dans l'évaluation du risque à l'échelle de chaque individu :

→ habitude ou non de la tâche, intérim, travail temporaire, changements de méthodes, rotations dans les équipes...

→ absence d'acclimatement à la chaleur. L'acclimatement à une contrainte thermique donnée est obtenu à la suite d'un minimum de 8 à 12 jours d'exposition régulière à ce niveau de température. Il faut toutefois rappeler que cet acclimatement n'est que transitoire : il s'atténue puis disparaît totalement après arrêt de l'exposition (8 jours) ;

→ âge supérieur à 55/60 ans ;

→ grossesse ;

→ état d'hydratation : par temps chaud, il est préférable de boire au minimum l'équivalent d'un verre d'eau toutes les 20 minutes, sans cependant boire plus d'un litre et demi par heure ;

→ certains antécédents médicaux (pathologie cardiovasculaire, maladie des voies respiratoires, diabète) ;

→ prise de médicaments de type neuroleptiques, tranquillisants, antidépresseurs, anxiolytiques... et de tout médicament à effets anticholinergiques ;

→ consommation d'alcool (ou de drogues) ;

→ condition physique ;

→ port de vêtements et d'équipements de protection individuelle non adaptés à la chaleur.

Adaptation à la chaleur et effets sur l'homme

MÉCANISMES DE RÉGULATION

Afin de maintenir son homéothermie, l'organisme fait appel à des mécanismes de thermorégulation physiologiques et comportementaux. L'acclimatement et des facteurs individuels influencent également la thermorégulation.

Mécanismes physiologiques

Dans un environnement neutre, la température centrale du corps est maintenue à 37 °C. Elle est contrôlée par l'hypothalamus. Malgré les variations environnementales, la température corporelle reste normale car le centre thermorégulateur hypothalamique équilibre l'excès de production de chaleur due à l'activité métabolique des muscles et du foie, et la perte de chaleur par la peau et les poumons.

(3) Fréquence cardiaque maximale = 220 - âge de la personne

Le stimulus thermique est détecté par les thermorécepteurs situés à trois niveaux : récepteurs périphériques au niveau de la peau, récepteurs profonds extérieurs au système nerveux central situés dans les organes abdominaux, les troncs veineux splanchniques et les muscles squelettiques, et enfin récepteurs profonds intégrés au système nerveux central. Ces derniers ont également un rôle d'intégration des informations et de modulation des réponses efférentes dans la région pré-optique de l'hypothalamus antérieur et le long de la moelle épinière.

De ces thermorécepteurs naissent des informations qui sont intégrées à différents niveaux du système nerveux central. La réponse efférente est fonction de la sommation et de la pondération de chaque information. Les informations provenant des différentes parties du corps n'ont pas la même valeur, la température centrale est prédominante par rapport à la température cutanée. Ainsi, lors de l'exercice, une variation de 1 °C de la première équivaut, en terme de stimulation nerveuse, à une variation de 10 °C de la seconde [Mairiaux et Malchaire, 1990]. La température corporelle est donc le résultat d'une pondération des températures des organes du tronc, de la tête, de la peau, des tissus sous cutanés et des muscles périphériques. Les informations aboutissent à la région pré-optique de l'hypothalamus antérieur, considéré comme le centre thermorégulateur le plus puissant de l'organisme. La valeur intégrée des informations thermiques est comparée à la valeur de consigne. De cette comparaison résulte une action de régulation qui est transmise aux effecteurs de la thermorégulation [Vogt et Metz, 1992].

Les réponses efférentes régulent le débit sanguin cutané et la sudation.

La vascularisation cutanée joue un rôle primordial dans le transfert de chaleur vers le milieu ambiant grâce à des variations de débits réglées par la vasomotricité. Les structures vasculaires sont richement innervées par des fibres sympathiques adrénériques responsables d'une vasoconstriction au repos. La chaleur inhibe l'effet

vasoconstricteur de ces fibres et provoque ainsi une vasodilatation périphérique. Le système cardio-vasculaire met en jeu des mécanismes qui augmentent le débit cardiaque en accélérant la fréquence cardiaque et redistribuent le sang vers les muscles au travail et les tissus sous cutanés au dépens du réseau splanchnique et rénal.

Ces mécanismes d'adaptation ont des limites. Ainsi, lors d'une activité physique intense durant laquelle la fréquence cardiaque maximale théorique (3) est atteinte, la vasodilatation cutanée ne peut plus augmenter sans provoquer une chute de la tension dans les artères principales. Dans ce cas, la régulation de la pression artérielle devient prioritaire par rapport à la régulation de la température. Les barorécepteurs informent les centres vasomoteurs qui régulent par une vasoconstriction périphérique.

La sudation est un phénomène actif assuré par 3 à 4 millions de glandes sudoripares réparties inégalement sur la peau. La sécrétion sudorale est déclenchée par les centres neurovégétatifs à partir d'informations telles que la température corporelle et la mouillure cutanée. Une augmentation de la température cutanée déclenche une libération d'acétylcholine et augmente la sensibilité des récepteurs situés sur les cellules sécrétrices des glandes sudoripares.

L'osmolarité a aussi un rôle régulateur des mouillures cutanées. Ainsi, l'hyperosmolarité secondaire à une déshydratation contribue à les réduire.

L'hyperthermie est caractérisée par une élévation non contrôlée de la température corporelle, qui dépasse les pertes de chaleur par l'organisme (point d'équilibre du centre thermorégulateur inchangé). Le coup de chaleur, dû à la défaillance de la thermorégulation associé à un environnement chaud, peut être ou non lié à une activité physique. Même chez des sujets sains, la déshydratation ou l'utilisation de médicaments courants peut contribuer à déclencher le coup de chaleur à l'exercice physique. L'encadré III résume les principales causes des syndromes d'hyperthermie.

ENCADRÉ III

SYNDROMES D'HYPERTHERMIE : ÉTIOLOGIES (source Harrisson, selon Curley, 1996)

Causes des syndromes d'hyperthermie

- Chaleur
- Coup de chaleur induit par l'activité physique
- Coup de chaleur non induit par l'activité physique :
 - Médicaments anticholinergiques (antihistaminiques), antiparkinsoniens, diurétiques, phénothiazines
 - Drogues : amphétamines, cocaïne, phencyclidine, LSD
 - Antidépresseurs tricycliques, IMAO
 - Neuroleptiques
 - Anesthésiques inhalés
- Endocrinopathie : thyrotoxicose, phéochromocytome

Mécanismes comportementaux

Pour améliorer sa tolérance à la chaleur, l'homme a recours à différentes attitudes comportementales portant sur :

- les horaires d'activité ;
- les apports alimentaires, avec notamment un apport hydrique supplémentaire et une tendance à alléger la ration calorique ;
- la tenue vestimentaire : port de vêtements plus légers, de vêtements de protection, dans certains cas de vêtements moins absorbants vis-à-vis des rayonnements thermiques, augmentation de la ventilation sous le vêtement ;
- l'utilisation d'écrans physiques naturels ou artifi-

Description des facteurs de risques

Facteurs de risques	Description
Perte d'acclimatement	L'acclimatement est généralement obtenu en 8 à 12 jours, cependant il est transitoire et disparaît progressivement en 8 jours
Astreinte et condition physique	L'absence d'entraînement physique diminue la performance à l'effort du système cardio-vasculaire
Antécédents médicaux	Maladies du système cardio-vasculaire, maladies des voies respiratoires, diabète, insuffisance rénale
Médicaments	Antidépresseurs tricycliques, hormones thyroïdiennes, sympathomimétiques, phénothiazines, phencyclidine hydrochloride, acide lysergique, laxatifs, diurétiques, IMAO, inhibiteurs des pompes calciques, bêtabloquants, anti-parkinsoniens, antihistaminiques, anticholinergiques, amphétamines, alpha agonistes
Toxiques	Alcool et drogues (cocaïne..)
États physiologiques	Obésité, grossesse, âge
Inaptitude temporaire	Infection intercurrente, déshydratation, manque de sommeil

ciels pour se protéger des sources de rayonnements thermiques, dans le cas d'exposition à une source de chaleur ponctuelle ;

→ l'optimisation du temps de repos, la réduction du travail aux heures les plus chaudes.

Ces réactions comportementales sont illustrées par les particularités des modes de vie dans les pays chauds (architecture, horaires d'activité, régimes alimentaires, taille et couleurs des vêtements).

Facteurs influençant la thermorégulation

Si les réactions physiologiques de l'homme travaillant à la chaleur sont semblables, leur intensité varie selon les individus. Les variations inter-individuelles sont importantes [Havenith et coll., 1998] et principalement influencées par l'acclimatement, l'entraînement physique, l'âge, le sexe, le poids, le régime alimentaire et la prise de médicaments. Ces facteurs, déjà cités plus haut, influençant la thermorégulation sont résumés dans le *tableau II*.

Acclimatement

Sous l'effet d'expositions répétées ou prolongées, l'homme développe spontanément des ajustements adaptatifs lui permettant une meilleure tolérance à la chaleur. Cet acclimatement est généralement obtenu en 8 à 12 jours [Pandolf, 1998]. Toutefois, il n'est que transitoire puisqu'il s'atténue puis disparaît totalement 8 jours après l'exposition. Une période de vacances supprime en général complètement les adaptations liées à l'acclimatement.

Un sujet acclimaté présente :

→ une meilleure efficacité de la sudation : avec un déclenchement plus précoce, une sudation plus abondante pour une même température centrale, une redistribution de la sudation du tronc vers les membres ;

→ une réduction du risque de troubles ioniques par diminution de la teneur en chlorure de sodium de la sueur (réabsorption accrue) ;

→ une réduction de l'astreinte cardio-vasculaire : le seuil de déclenchement de la vasodilatation est

abaissé ; le débit sanguin périphérique diminue du fait de températures centrale et cutanée plus adaptées ; l'augmentation de la fréquence cardiaque est moins importante ; le volume de sang circulant au niveau des muscles est augmenté ; le transfert de chaleur par gradient thermique est plus efficace.

Entraînement et condition physique

L'entraînement améliore la performance à l'effort du système cardio-vasculaire et permet une meilleure tolérance liée au processus d'acclimatement (voir ci-dessus). Pour un effort donné, il accroît l'extraction de l'oxygène au niveau du muscle, augmente le volume d'éjection systolique et réduit l'augmentation de la fréquence cardiaque. Le sujet entraîné dispose donc d'une « réserve » cardio-vasculaire plus importante que le sujet non entraîné lorsqu'il est exposé à la chaleur [Havenith, 1998 ; Pandolf, 1998].

Âge

La diminution de la tolérance à la chaleur avec l'âge s'explique par :

→ une diminution de la vasodilatation,

→ une diminution du débit cardiaque, du volume d'éjection systolique à l'effort, et des capacités cardio-respiratoires [Smolander et coll.],

→ une augmentation du seuil de déclenchement de la sudation et une diminution de la sécrétion sudorale.

Les conséquences de l'exposition à la chaleur des personnes âgées peuvent être graves voire fatales [Semenza et coll., 1996].

Genre

La femme semble moins bien supporter la chaleur mais cette différence disparaît lors de l'acclimatement (en température sèche). La grossesse est un facteur de réduction de la résistance à la chaleur [Morrissey, 1998].

Masse corporelle

L'obésité ou la maigreur excessive sont deux caractéristiques anthropométriques qui réduisent la tolérance à la chaleur [Smolander et coll., 1990].

TABLEAU III

Risques pour la santé d'une exposition à la chaleur (d'après la définition de la Croix Rouge américaine)

Niveaux	Effets de la chaleur	Symptômes
Niveau 1	«Coup de soleil»*	Rougeur et douleur, oedème, vésicules, fièvre, céphalées
Niveau 2	Crampes	Spasmes douloureux (jambes et abdomen), transpiration
Niveau 3	Epuisement	Forte transpiration, faiblesse, froideur et pâleur de la peau, pouls faible, température normale
Niveau 4	Coup de chaleur**	Température corporelle > 40,6 °C, peau sèche et chaude, pouls rapide et fort, perte de conscience possible

* Consécutif à une exposition au soleil (ultraviolets) - ** Peut entraîner le décès par défaillance de la thermorégulation

Régime alimentaire et prises médicamenteuses

La consommation d'alcool peut réduire la tolérance à la chaleur, soit par des actions directes sur les mécanismes de la thermorégulation, soit en induisant un comportement inadapté. Il faut noter que certains aliments (graisses) ont des caractéristiques liées à la chaleur spécifique endogène engendrée. Le régime sans sel, les diurétiques peuvent aggraver des troubles électrolytiques.

Certains médicaments peuvent majorer le risque de l'exposition à des températures élevées. Ils sont listés dans le tableau II.

vent être interprétées en fonction du niveau d'activation des sujets qui elle-même varie avec la situation de travail.

Les réactions à la chaleur concernant la performance et la productivité sont également fonction de la tâche et de son intérêt [Parsons, 1993 ; Gun, 1995]. Les altérations de la sécurité et de la productivité observées dans les activités à forte composante musculaire s'expliquent essentiellement par la compétition entre la fonction de transport de l'oxygène et celle de transport de chaleur du débit sanguin [Vogt et Metz, 1992].

EFFETS SUR LA SANTÉ

EFFETS DE LA CHALEUR SUR LA PERFORMANCE ET LA PRODUCTIVITÉ

Des altérations fonctionnelles physiologiques simples peuvent être facilement mises en évidence, par exemple les modifications de la préhension par la sueur. Des effets psychologiques sont également observés. De nombreuses études dont les résultats sont parfois contradictoires ont mis en évidence l'augmentation du temps de réponse ainsi que celle des erreurs ou omissions lors de l'exposition à la chaleur [Parsons, 1993 ; Gun, 1995].

Les critères de précision d'une tâche sont toujours détériorés par les ambiances chaudes. Les critères de réactivité subissent des fluctuations plus complexes qui peu-

Symptomatologie clinique et niveaux de gravité

Résultant d'une exposition prolongée à la chaleur, la symptomatologie clinique peut se présenter sous plusieurs formes : l'exposition à la chaleur peut conduire à des pathologies soit du fait de la mise en jeu des mécanismes de thermorégulation soit du fait du dépassement de leurs capacités. Une sudation abondante et prolongée peut provoquer un déficit ionique, responsable de crampes de chaleur, une déshydratation ou un épuisement thermique. L'épuisement des capacités de thermorégulation de l'organisme conduit au coup de chaleur.

Les risques pour la santé peuvent être répartis en 4 niveaux de gravité décrits dans le *tableau III* (d'après la définition de la Croix Rouge américaine). Le niveau 4 peut entraîner le décès par défaillance de la thermorégulation associée à un environnement chaud.

La production horaire de sueur peut atteindre 0,75 l.h⁻¹ chez un sujet non acclimaté et 1,2 l.h⁻¹ chez un sujet acclimaté à la chaleur ou physiquement très entraîné. Lorsque ces pertes hydriques ne sont pas compensées par un apport hydrique équivalent, un état de déshydratation apparaît. L'accident de déshydratation peut survenir à partir du moment où la perte totale atteint 5 % du volume d'eau total de l'organisme. De plus, il faut noter que la sueur peut provoquer des troubles trophiques ou infectieux cutanés.

L'épuisement thermique correspond à un début de coup de chaleur. La vasodilatation cutanée peut provo-

TABLEAU IV

Les signes du « coup de chaleur »

Symptômes	Description
Signes généraux	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Hyperthermie : température interne supérieure à 40,6°C ▶ Tachycardie ▶ Polypnée superficielle ▶ Céphalées ▶ Nausées, vomissements
Signes cutanés	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Peau sèche, rouge et chaude ; absence de transpiration
Signes neuro-sensoriels	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Confusion, troubles du comportement, délire, voire convulsions et perte de connaissance éventuelle ▶ Pupilles dilatées

quer des altérations dont l'une des manifestations extrêmes est la syncope de chaleur. Celle-ci survient généralement après une longue période d'immobilité dans une ambiance chaude. Elle peut également être observée lors de l'arrêt d'un travail physique dur et prolongé en ambiance chaude. Elle se traduit par une perte de connaissance soudaine et brève, conséquence d'une mise en jeu excessive de la vasodilatation périphérique avec hypotension artérielle et insuffisance du débit sanguin cérébral.

Les effets liés à la décompensation de la thermorégulation sont particulièrement graves et en particulier le coup de chaleur. Il est rare mais son pronostic est très sévère. Il est la conséquence de l'arrêt de la sudation qui peut survenir lors de toute exposition à une contrainte thermique élevée.

Coup de chaleur

Urgence vitale

Le coup de chaleur correspond à une élévation de la température du corps au delà de 40,6 °C signant la décompensation des mécanismes de thermorégulation. Il est mortel dans 15 à 25 % des cas et doit être pris en charge et soigné très rapidement pour éviter les séquelles neurologiques.

Signes d'alerte et principaux symptômes

Les signes d'alerte sont les plus importants à connaître et doivent éveiller l'attention afin de pouvoir réagir précocement :

- **signes généraux** : céphalées, étourdissements, atonie ou fatigue ;
- **signes cutanés** : peau sèche et chaude ;
- **signes neuro-sensoriels** : désorientation, agitation ou confusion, hallucinations, perte de conscience.

Le *tableau IV* résume les principaux symptômes du coup de chaleur. A ce stade, il s'agit d'une urgence vitale. Outre les séquelles neurologiques, la destruction progressive des membranes cellulaires et des systèmes enzymatiques thermolabiles explique certaines séquelles du coup de chaleur à type d'insuffisance rénale ou hépatique ou de syndrome de lyse musculaire. La probabilité de survie et de guérison sans séquelle dépend de la précocité du traitement qui consiste à refroidir la personne le plus rapidement possible.

Premières mesures de secours et mesures thérapeutiques

Le traitement du coup de chaleur est fondé sur le refroidissement et les mesures de réanimation pour pallier les défaillances viscérales. Il est important de déshabiller le patient. Le bain en eau froide, l'application de champs ou draps humides ou l'« arrosage » associés à une ventilation continue de l'air ambiant pour accélérer

les échanges thermiques ou éventuellement l'utilisation de couvertures réfrigérantes, permettent un refroidissement cutané. Cependant, ces mesures abaissent la température de la peau mais favorisent également la vasoconstriction cutanée, ralentissant la diminution de la température interne. Certains auteurs recommandent de masser le patient. Lorsque cela est possible, la température de l'air ambiant doit être abaissée. La déshydratation et l'hypovolémie doivent être corrigés par perfusion intraveineuse. L'administration d'antipyrétiques tel que le paracétamol est inefficace.

L'*encadré IV* récapitule les premières mesures de secours à mettre en œuvre par les sauveteurs secouristes du travail sur le lieu de travail devant la survenue d'un coup de chaleur, selon les recommandations établies par les services d'urgence.

Prévention

Les mesures de prévention proposées dans les paragraphes suivants doivent être considérées dans la perspective d'une démarche de prévention globale mise en place dans l'entreprise, telle que définie par la réglementation française. La prévention doit être intégrée le plus en amont possible, en passant par des mesures d'organisation du travail, d'information et de formation. Cependant, ici, les mesures comportementales et l'hygiène de vie prennent une place particulière qui nécessite, encore plus que pour d'autres risques, de bien informer - et former - les salariés sur les risques et leur prévention.

RECOMMANDATIONS CONCERNANT LES PREMIÈRES MESURES DE SECOURISME À APPLIQUER SUR LE LIEU DE TRAVAIL (SOURCE : SAMU DE PARIS ET BRIGADE DES SAPEURS POMPIERS DE PARIS)

- Alerter ou faire alerter les secours : SAMU (15) ou Pompiers (18)
- Amener la victime dans un endroit frais et bien aéré
- La déshabiller ou desserrer ses vêtements
- Immerger la victime dans de l'eau froide, pour faire baisser sa température corporelle, l'arroser ou lui appliquer sur la plus grande surface corporelle des serviettes mouillées (à renouveler régulièrement)
- Si la victime est consciente, lui faire boire de l'eau fraîche
- Si la victime est inconsciente, la mettre en position latérale de sécurité en attendant les secours après mise en route des premières mesures de secourisme.

ENCADRÉ IV



Documents
pour le Médecin
du Travail
N° 97
1^{er} trimestre 2004

Ces principes sont d'ordre général. La spécificité de certains métiers imposent leur ajustement, notamment dans le domaine du bâtiment et des travaux publics.

Le premier point indispensable, afin d'évaluer et réévaluer les risques au jour le jour, en particulier lors de périodes de canicule, est de **vérifier quotidiennement les conditions météorologiques** (bulletin météo...).

CONDITIONS DE TRAVAIL

En fonction des données météorologiques et de leur évolution, selon les tâches et les lieux de travail, on sera amené à :

- limiter, autant que possible, le travail physique et reporter les tâches lourdes ;
- fournir des aides mécaniques à la manutention ;
- prévoir des sources d'eau potable, à proximité des postes de travail (art. R. 232-3 du Code du travail ; art. 191 du décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 modifié) ;
- prévoir des aires de repos climatisées ou aménager des zones d'ombre (art. R. 232-1-10 du Code du travail) ;
- se montrer vigilant face aux situations de travail particulières : enceinte ou local clos, tâche effectuée sur des surfaces réfléchissantes (toit avec revêtement...) ; mise en place de protections pour éviter tout contact corporel avec les surfaces exposées directement au soleil, notamment lorsqu'il s'agit de surfaces métalliques ;
- informer les salariés des risques liés à la chaleur (par exemple : notion d'acclimatement, signes d'alerte du coup de chaleur...) et des mesures de premiers secours ;
- prévoir des adaptations techniques permettant de limiter les effets de la chaleur (ventilateur, brumisateur, store, abris en extérieur, etc.).

ORGANISATION DU TRAVAIL

En fonction des données météorologiques, des mesures organisationnelles pourront contribuer à la réduction des risques :

- prendre en compte la période d'acclimatement nécessaire, soit un minimum de sept jours d'exposition régulière (être d'autant plus vigilant si le salarié revient de vacances ou d'un congé de maladie, ou encore s'il intervient en tant qu'intérimaire ou nouvel embauché) ;

→ augmenter la fréquence des pauses de récupération (toutes les heures, par exemple), permettre des pauses dans des lieux frais ;

→ limiter si possible le temps d'exposition du salarié ou effectuer une rotation des tâches lorsque des postes moins exposés en donnent la possibilité ;

→ aménager les horaires de travail, afin de bénéficier au mieux des heures les moins chaudes de la journée ;

→ privilégier le travail d'équipe, éviter le travail isolé (afin de permettre une surveillance mutuelle des salariés en cas de problème) ;

→ permettre au salarié d'adopter son propre rythme de travail pour réduire la contrainte thermique.

MESURES PONCTUELLES POUVANT ÊTRE PRISES PAR L'EMPLOYEUR LORS D'ÉTÉS « INHABITUELLEMENT CHAUDS »

Ces mesures sont d'ordre organisationnel, technique et réglementaire :

→ l'arrosage par jets d'eau des pelouses environnant le bâtiment – en dehors des cas de restriction de l'arrosage – peut lui-même contribuer à l'abaissement sensible de la température des parois du bâtiment ;

→ la prévision de ventilateurs d'appoint extracteurs de chaleur venant en complément, en été, des ventilations prévues pour assurer les débits minima d'air neuf répondant aux besoins d'hygiène. Néanmoins, ces ventilateurs d'appoint seront moins efficaces au-delà d'une température ambiante de 33 °C ;

→ la mise à disposition des personnels des autres moyens utiles de protection (brumisateurs d'eau minérale, vaporisateurs d'humidification des rideaux, stores extérieurs, volets ...) ;

→ prévision d'aires de repos rafraîchies/climatisées, aménagement de zones d'ombre ou d'abris en extérieur (art. R. 232-1-10 du Code du travail)...

→ prévision de l'évacuation des locaux climatisés si la température intérieure atteint ou dépasse 34 °C en cas de défaut prolongé du renouvellement d'air (recommandation CNAM R.226) ;

→ dans les bureaux, il est préconisé d'arrêter les imprimantes et autres photocopieurs (du fait des dégagements d'ozone) et toute autre source additionnelle de chaleur.

MESURES COMPORTEMENTALES

Une bonne information des salariés doit les conduire à adopter différentes mesures comporte-

mentales contribuant à la réduction des risques liés à l'ambiance thermique d'été :

→ boire régulièrement de l'eau fraîche (10-12 °C), même s'il ne ressent pas la soif (un verre d'eau toutes les 15-20 minutes) ;

→ porter des vêtements amples, légers, de couleur claire, favorisant l'évaporation de la sueur ;

→ se protéger la tête du soleil ;

→ adapter son rythme de travail selon sa tolérance à la chaleur. Le salarié doit être mis en garde : travailler plus vite pour finir plus tôt peut s'avérer dangereux ;

→ éviter les efforts physiques trop importants ;

→ supprimer ou réduire les efforts physiques, dans la mesure du possible ;

→ utiliser systématiquement les aides mécaniques à la manutention (chariot, diable...) ;

→ informer de tout dysfonctionnement pouvant être source de risque (ex. distributeur d'eau en panne...) ;

→ penser à éliminer toute source additionnelle de chaleur (éteindre le matériel électrique, lorsqu'il n'est pas utilisé : poste informatique, imprimante, lampe, etc.).

Le salarié doit être informé de l'impératif de cesser immédiatement toute activité, dès que des symptômes de malaise se font sentir et de le signaler (encadrement, médecin du travail...). Il doit aussi savoir qu'en cas de trouble en fin de journée (fatigue, étourdissement, maux de tête...), il doit éviter toute conduite de véhicule et/ou se faire accompagner, et ne pas hésiter à consulter un médecin.

Enfin, la situation individuelle des salariés (maladie chronique, prises médicamenteuses, femme enceinte...) doit être prise en compte et faire l'objet d'une information et de recommandations spécifiques par le médecin du travail.

HYGIÈNE DE VIE

Les facteurs de risques individuels (cf. supra) prennent dans le domaine du travail à la chaleur une importance particulière. On sera donc amené, lors de l'information des salariés, à recommander des règles d'hygiène de vie :

→ se montrer d'autant plus vigilant en cas de problème de santé et/ou de prise de médicaments (diurétiques, sédatifs, tranquillisants...) et demander notamment conseil à un médecin ;

→ éviter les boissons alcoolisées ;

→ limiter sa consommation de tabac (notamment pour les personnes atteintes de pathologies respiratoires) ;

→ éviter les repas trop copieux.

MESURES TECHNIQUES

Des mesures techniques correctives ou, mieux, intégrées dès la conception peuvent permettre de réduire notablement les effets de l'ambiance thermique d'été.

La réglementation précise que les locaux affectés au travail doivent être isolés thermiquement dans des conditions telles que :

→ une température convenable y soit maintenue,

→ l'air soit dans un état tel qu'il préserve la santé des travailleurs,

→ l'installation ne génère pas de risques (explosion, incendie, brûlures...),

→ la consommation d'énergie soit aussi réduite que possible.

L'aménagement et la conception des locaux et des situations de travail gagnent ainsi à réaliser un conditionnement d'ambiance permettant de contrôler la température, l'hygrométrie et la pureté de l'air.

Mesures correctives possibles sur des bâtiments ou locaux existants

Sans recourir à des techniques complexes et onéreuses, les solutions suivantes peuvent selon les cas apporter des réponses. Ainsi, selon les lieux de travail, quelques solutions correctives peuvent être proposées :

→ pose de protections solaires ou de stores mécanisés en toiture, notamment au dessus des ouvrants (ventaux, lanterneaux, dômes zénithaux translucides...) ;

→ en façade, installation de stores extérieurs sur les parois vitrées ; les stores intérieurs agissant comme des radiateurs thermiques sont à éviter ;

→ dispositif d'arrosage d'eau, notamment en toiture (en dehors de risques d'infiltration), permettant d'abaisser de manière très significative la température externe des parois et, partant, la température interne du bâtiment ; sa mise en fonctionnement doit tenir compte des arrêtés préfectoraux de restriction de l'arrosage ;

→ installation de faux plafonds avec comble ventilé pour diminuer la température de rayonnement générée par le plafond de la pièce en dessous ;

→ utilisation de différents systèmes de rafraîchissement d'ambiance, soit des dispositifs dérivés des systèmes de climatisation pour assurer uniquement un rafraîchissement en été ;

→ ventilation forcée de nuit en tout air neuf lorsque l'inertie du bâtiment, des équipements ou des stocks internes permet d'accumuler le rafraîchissement nocturne d'été, et si rien d'autre ne s'y oppose (température nocturne trop élevée, par exemple) ;

→ renouvellement complet de l'air dans les locaux par ventilation forcée de jour (de type «free cooling»)

pendant les périodes d'occupation des locaux ;
→ traitement des parois vitrées par pose de films anti-solaires ;
→ badigeonnage annuel à la chaux des murs des bâtiments.

Mesures préventives à prendre dès la conception

Outre les critères généraux de confort thermique, lors de la conception de nouveaux bâtiments une règle minimale doit être d'assurer un écart de température de 6 à 8 °C maximum entre l'ambiance interne et l'extérieur. Ceci permet d'éviter les désagréments en entrant ou en sortant des locaux et de satisfaire à l'obligation légale concernant le besoin de renouvellement d'air, besoin allant de 25 m³/personne/heure pour un bureau à 60 m³/personne/heure pour un atelier où le travail est intense.

Cela dit, la réflexion à engager sur le confort thermique (encadré 2) doit être intégrée le plus en amont possible, lors de l'élaboration du programme, de manière à bien prendre en compte les contraintes liées aux apports thermiques externes et internes.

Réduction des apports thermiques externes

L'isolation de l'enveloppe du bâtiment, constituée par les parois opaques et les parois vitrées, est déterminante du confort thermique. Elle s'accompagne de gains généralement importants en matière d'énergie.

Au niveau des parois opaques

→ choix de matériaux à forte masse volumique ou de matériaux à forte chaleur massique. Ces matériaux permettent d'augmenter l'inertie thermique, à savoir la capacité du bâti et de son contenu à conserver la fraîcheur accumulée la nuit et à retarder la montée en température le lendemain ;



Exemple de protections solaires par l'extérieur en toiture avec groupes de rafraîchissement d'air (caissons noirs).

→ isolation adéquate des parois ;
→ choix de parois externes à fort coefficient de réflexion (blanc, couleurs pastel, aluminium) pour renvoyer une part importante du rayonnement solaire hors bâti ;
→ installation de faux plafonds avec comble ventilé pour diminuer la température de rayonnement générée par le plafond de la pièce en dessous ;
→ pose de brise-soleil en façade.

Au niveau des parois vitrées

→ compte tenu des particularités régionales et du compromis été/hiver, le choix d'orientation du bâtiment doit chercher, en conception, à diminuer le flux incident : il est recommandé d'éviter d'orienter les baies vitrées sud / sud-ouest. Les locaux ne nécessitant que peu de baies (par exemple les locaux techniques, locaux de stockage...) seront implantés sur la façade la plus exposée au soleil ;

→ les dispositifs d'éclairage naturel en toiture seront, soit basés sur le principe du shed orienté au nord, soit munis d'un voile de protection solaire externe (*cf. photo*).

→ le choix de vitrages à faible facteur de transmission et à fort coefficient de réflexion faisant écran au rayonnement, telles les vitres teintées et réfléchissantes sera privilégié ainsi que le choix d'installation de stores extérieurs et de baies à vantaux ouvrants pour faciliter les courants d'air ;

→ pour les façades vitrées, type de façades fréquent dans le tertiaire, le confort d'été peut être optimisé à la conception par la création d'une façade à deux parois vitrées séparées à chaque étage par une passerelle de maintenance en caillebotis. L'abaissement de la température de rayonnement du vitrage intérieur est obtenu par l'effet combiné de stores de protection solaire inclus entre ces deux parois et d'un rafraîchissement du volume d'air inclus entre ces parois. Ce volume d'air inclus étant considérablement plus faible que le volume intérieur du bâtiment qu'il protège, la consommation globale d'énergie de rafraîchissement (selon les choix techniques retenus) s'en trouve nettement diminuée. De plus, en hiver, rafraîchissement à l'arrêt et ventilation en fonctionnement, ce système assure une isolation thermique équivalente à celle d'un double vitrage incluant une lame d'air de très forte épaisseur. Ce dispositif constitue par ailleurs une isolation phonique efficace contre les bruits extérieurs.

Réduction des apports thermiques internes

Il est nécessaire d'identifier les sources internes de chaleur, capter et évacuer les apports thermiques élevés de manière à préserver l'atmosphère ambiante.

Pour la mise en place d'un système de climatisation (et de chauffage), les techniques de production de calories et de frigorifiques sont à étudier en fonction de chaque région et de chaque site : les installations peuvent être de type centralisées (installations «sur mesure» pouvant traiter des bâtiments de très grand volume) ou constituées d'appareils autonomes (à pompe à chaleur pouvant traiter chacune un atelier). Plusieurs types de dispositifs existent. Le recours à un dispositif d'humidification par eau recyclée nécessite des précautions particulières pour éviter tout risque de prolifération et de contamination bactérienne (de type légionelles) ; il faut accorder la priorité aux humidificateurs à vapeur sèche stérilisant l'eau à sa source d'émission avec une évacuation permanente des eaux de condensation. Les tours aéro-réfrigérantes des systèmes de climatisation étant également cause de contamination bactérienne, il faut préférer dès la conception – si cela est possible techniquement – le remplacement de ladite tour par un système de refroidissement par batterie d'échangeurs secs.

ASPECTS JURIDIQUES

Aucune indication de température n'est donnée dans le Code du travail. Cependant, certaines de ses dispositions consacrées à l'aménagement et à l'aération des locaux, aux ambiances particulières de travail et à la distribution de boissons répondent au souci d'assurer des conditions de travail satisfaisantes.

L'employeur est tenu, en application de l'article L. 230-2 du Code du travail de prendre les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé des travailleurs de leurs établissements, en y intégrant les conditions de température. Il est en effet tenu de renouveler l'air des locaux de travail en évitant les élévations exagérées de températures (art. R. 232-5) et d'aménager les locaux de travail extérieurs de manière à assurer, dans la mesure du possible, la protection des travailleurs contre les conditions atmosphériques (art. R. 232-1-10). Dans les locaux à pollution non spécifique, c'est à dire ne faisant pas l'objet d'une réglementation spécifique, le renouvellement de l'air doit avoir lieu soit par ventilation mécanique soit par ventilation naturelle permanente.

L'employeur doit aussi mettre à disposition des salariés de l'eau potable et fraîche pour la boisson (art. R. 232-3-1).

Par ailleurs, les dispositions prises pour assurer la protection des salariés contre les intempéries nécessitent l'avis du médecin du travail et du CHSCT (ou à défaut des délégués du personnel) (art. R. 232-9).

Le médecin du travail est le conseiller du chef d'entreprise ou de son représentant, des salariés, des repré-

sentants du personnel, des services sociaux, en ce qui concerne notamment :

→ l'amélioration des conditions de vie et de travail dans l'entreprise ;

→ l'adaptation des postes, des techniques et des rythmes de travail à la physiologie humaine ;

→ la protection des salariés contre l'ensemble des nuisances, et notamment contre les risques d'accidents du travail ;

→ l'hygiène générale de l'établissement ;

→ la prévention et l'éducation sanitaires dans le cadre de l'établissement en rapport avec l'activité professionnelle.(art. R. 241-41).

Le médecin du travail est habilité à proposer des mesures individuelles telles que mutations ou transformations de postes, justifiées par des considérations relatives notamment à l'âge, à la résistance physique ou à l'état de santé physique et mentale des travailleurs (art. L. 241-10-1). Le chef d'entreprise est tenu de prendre en considération ces propositions et, en cas de refus, de faire connaître les motifs qui s'opposent à ce qu'il y soit donné suite.

Depuis le 1^{er} janvier 1993, lors de la construction ou du réaménagement de locaux, le maître d'ouvrage doit tenir compte des dispositions de l'article R. 235-2-9 : «Les équipements et caractéristiques des locaux de travail doivent permettre d'adapter la température à l'organisme humain pendant le temps de travail, compte tenu des méthodes de travail et des contraintes physiques supportées par les travailleurs, sans préjudice des dispositions du code de la construction et de l'habitation relatives aux caractéristiques thermiques des bâtiments autres que d'habitation».

Sur les chantiers du BTP et au titre du décret n° 65-48 du 8 Janvier 1965 modifié, les chefs d'établissement sont tenus de mettre à la disposition des travailleurs 3 litres d'eau, au moins, par jour et par travailleur (art. 191).

Dans ce même secteur du BTP, les dispositions de l'article L. 731-1 du Code du travail permettent à l'entrepreneur, sous certaines conditions strictes, de décider d'arrêter le travail pour «intempéries». Non sans inconvénients pour les salariés, cette possibilité aurait été mise en œuvre par certaines entreprises pendant la période de canicule 2003.

S'agissant de l'exercice du droit de retrait des salariés (L. 231-8), il est rappelé que celui-ci s'applique strictement aux situations de danger grave et imminent; il est soumis à l'appréciation des tribunaux. La spécification de l'évaluation de ce risque est complexe et relève de nombreux facteurs.

Enfin, la recommandation de la Caisse nationale de l'Assurance maladie R. 226 concernant «l'arrêt prolongé des installations de conditionnement d'air dans les immeubles à usage de bureaux» indique les paramètres à prendre en compte pour assurer le confort

thermique : température intérieure, humidité de l'air et renouvellement de l'air. Elle préconise l'évacuation des bureaux en cas d'arrêt des installations de conditionnement d'air lorsque la température résultante est de 34°C.

Conclusion

La canicule que l'Europe – et particulièrement la France – a traversée cet été fut exceptionnelle de par les records de température atteints, leur durée, et surtout les niveaux de température nocturne. La contrainte thermique imposée par cette situation climatique a eu des conséquences en matière de santé au travail.

Les conséquences sanitaires de cette canicule – allant de l'inconfort et des maux jusqu'à des troubles extrêmement sévères, tels que des coups de chaleur parfois mortels – invitent le milieu de travail à se préparer à d'éventuelles nouvelles vagues de chaleur.

Dans ce domaine, des facteurs de risque individuels viennent s'ajouter aux facteurs liés au poste de travail. Le médecin du travail a ici un rôle d'information et de conseil particulièrement important à jouer auprès des employeurs et des salariés, car, au-delà de la prévention collective, prévenir les risques liés à la chaleur en milieu professionnel fait appel à des mesures comportementales et à des recommandations d'hygiène de vie.

L'objectif de ce dossier est de réunir pour le médecin du travail, sans prétendre à l'exhaustivité, les éléments nécessaires à cette action d'information et de conseil, tant au niveau collectif qu'individuel.

Les facteurs de risque ont été analysés et une méthode rapide et simple d'évaluation du «risque météorologique» au poste de travail en période de fortes chaleurs est proposée (Heat Index). Cette méthode ne saurait être substituée à des méthodes plus complexes permettant de faire un bilan thermique précis, indispensables dans certaines situations de travail. En revanche, à la portée de non spécialistes et ne nécessitant que des matériels simples, cette méthode devrait permettre de répondre, en première approche, à des situations climatiques exceptionnelles et ainsi de proposer les mesures de prévention adéquates. Ces mesures, listées dans ce dossier, sont à adapter en fonction des situations de travail. L'objectif était de fournir aux médecins du travail des «pistes» ou «points de repères» pour des solutions réalistes, concrètes et pratiques, en tenant compte des variabilités individuelles et en abordant la conception ou l'adaptation des lieux de travail. On peut souligner cependant que certaines d'entre elles (comme par exemple les aides mécaniques à la manutention) devraient être mises en œuvre systématiquement en dehors de la notion de vague de chaleur, et que de façon plus générale, toute action d'amélioration des conditions de travail contribuant à en réduire la pénibilité physique contribue à réduire les risques en période de fortes chaleurs.

Remerciements

Le groupe de travail remercie Monsieur V. Candas et Monsieur le professeur J. Malchaire pour leurs remarques constructives lors de la relecture de ce dossier.

Bibliographie

Confort et astreinte thermique

MARTINET C., MEYER J.-P. – Travail à la chaleur et confort thermique. Notes scientifiques et techniques. INRS, 1999, 184, 59 p.

CHARBONNEAU J.-Y. – Confort thermique à l'intérieur d'un établissement. Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec (CSST), 2002, 17 p.
http://www.csst.qc.ca/Publications/Contraintes_thermiques.html

PILCHER J.-J., NADLER E., BUSCH C. – Effects of hot and cold temperature exposure on performance : a meta-analytic review. *Ergonomics*, 2002, 45 (10), pp. 682-698.

MEYER J.-P., MARTINET C., PAYOT L. ET COLL. – Évaluation de l'astreinte thermique à l'aide de la fréquence cardiaque. *Le Travail Humain*, 64 (1), 2001, pp. 29-44.

MALCHAIRE J., KAMPMANN B., MEHNERT P. ET COLL. – Évaluation du risque de contrainte thermique lors du travail en ambiances chaudes. *Médecine du travail et ergonomie*, 38 (3), 2001, pp. 101-112

PARSONS K.-C. – Human thermal environments. The effects of hot, moderate and cold environments on human health, comfort and performance. The principles and the practice. Londres, Taylor and Francis, 1993, 358 p.

FANGER P.-O. – Thermal confort. Analysis and applications in environmental engineering. New-York, Mc-Graw Hill, 1972, 244 p.

Évaluation des risques

MALCHAIRE J. – Stratégie générale de gestion des risques professionnels. Illustration dans le cas des ambiances thermiques au travail. *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 2002, 186, pp. 39-49.

MALCHAIRE J., PIETTE A., COCK N. – Ambiances thermiques de travail. Stratégie d'évaluation et de prévention des risques. Ministère fédéral de l'Emploi et du Travail de Belgique, 1998, 83 p.

MALCHAIRE J. – Travail à la chaleur. Encyclopédie médicochirurgicale. Toxicologie, pathologie professionnelle. 16-781-A-20. Paris, Éditions scientifiques et médicales Elsevier, 1996, 4 p.

MAIRIAUX P., MALCHAIRE J. – Le travail en ambiance chaude. Principes, méthodes, mise en œuvre. Collection de monographies de médecine du travail. Paris, Masson, 1990, 7, 172 p.

BROSS M.-H., NASH B.-T., CARLTON F.-B. – Heat emergencies. *American Family Physician*, 50 (2), 1994, pp. 389-396

Heat wave : a major summer killer. Publication n° NOAA/PA 85001. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1985, 8 p. site <http://www.noaa.gov/>

Version en ligne du «Heat index», sur le site National Weather Service Forecast Office/National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA/États-Unis) <http://www.erh.noaa.gov/er/lwx/heatindx.htm>

Travailler à la chaleur... Attention ! Commission de la santé et de la sécurité au travail du Québec (CSST), 2003, 6 p.
http://www.csst.qc.ca/Publications/Contraintes_thermiques.html

Physiologie / pathologie

VOGT J.-J., METZ B. – Ambiances thermiques. Extrait de : SCHERRER J. et coll. Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. 2^e édition. Paris, Masson, 1992, pp. 217-263

CANDAS V., BOTHOREL B. – Hydratation, travail et chaleur. Fiche d'hygiène de vie au travail. INRS, *Cahiers de Notes Documentaires - Hygiène et Sécurité du Travail*, 1989, 135, pp. 241-245.

HORWAT F., MEYER J.-P. – Débit ventilatoire de travail. Élaboration et validation de méthodes indirectes d'évaluation au moyen de la fréquence cardiaque et de l'observation de l'activité. *Documents pour le Médecin du Travail*, 1998, 76, pp. 343-350

MEGARBANE B., RESIERE D., SHABAFROUZ K. ET COLL. – Étude descriptive des patients admis en réanimation par coup de chaleur au cours de la canicule d'août 2003. *Presse médicale*, 32 (36), 2003, pp. 1690-1698

HEMON D., JOUGLA E. – Sumortalité liée à la canicule d'août 2003. Estimation de la surmortalité et principales caractéristiques épidémiologiques. Rapport d'étape 1/3. Institut national de la santé et de la recherche médicale (INSERM), 2003, 59 p.

Impact de la vague de chaleur survenue en France en Août 2003. Rapport d'étape. Saint-Maurice, Institut de Veille Sanitaire (InVS), 2003, 75 p.

Modification de la température corporelle. Extrait de : BAUNWALD et coll. in : HARRISON Principes de médecine interne. 15^e édition. Paris, Médecine-Sciences Flammarion, 2002, pp. 90-91.

BARROW M.-W., CLARK K.-A. – Heat-related illness. *American Family Physician*, 58 (3), 1998, pp. 749-756.

SCHERRER J. ET COLL. – Précis de physiologie du travail. Notions d'ergonomie. 2^e édition. Paris, Masson, 1992, 585 p.

GRANDJEAN E. – Précis d'ergonomie. Les Éditions d'organisation, 1983, 416 p.

BESANCENOT J.-P. – Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement, Risques & Santé*, Septembre - Octobre 2002, 1 (4), pp. 229-240

HAVENITH G., COENEN J.-M.-L., KISTEMAKER L. – Relevance of individual characteristics for human heat stress response is dependent on exercise intensity and climate type. *European Journal of Applied Physiology*, 1998, 77, pp. 231-241.

PANDOLF K.-B. – Time course of heat acclimation and its decay. *International Journal of Medicine*, 1998, 19, pp. 157-160.

SMOLANDER J., KORHONEN O., ILMARINEN R. – Responses of young and older men during prolonged exercise in dry and humid heat. *European Journal of Applied Physiology*, 1990, 61, pp. 413-418.

SEMENZA J., RUBIN C., FALTER K. – Heat related deaths during the July 1995 heat wave in Chicago. *The New England Journal of Medicine*, 1996, 335 (2), pp. 84-90.

MORRISSEY S. – Work place design recommendations for the pregnant worker. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 1998, 21, pp. 383-395.

GUN R.-T. – Effects of thermal, personal and behavioural factors on the physiological strain, thermal comfort and productivity of Australian shearers in hot weather. *Ergonomics*, 1995, 7, pp. 1368-1384.

BRINQUIN L., BUFFAT J.-J. – Coup de chaleur, aspects épidémiologiques, clinique et thérapeutique. *Semaine des Hôpitaux de Paris*, 1994, 70, pp. 17-18, pp. 507-515.

VOGT J.-J., MILLER-CHAGAS P. – Confort thermo-hygométrique, définition physiologique et détermination pratique de zones de confort thermique. *Annales de l'Institut Technique du Bâtiment et des Travaux Publics*, 1970, 85, pp. 143-154 et pp. 271-272.

Réglementation

Code du travail, articles R. 235-2-9, R. 235-2-10, R. 235-4-9 à R. 235-4-11 : Obligations concernant le chauffage et la température des locaux.

Suite page suivante



Bibliographie

Code du travail, articles R. 232-12-8 à 12 : Obligations des chefs d'établissement.

Décret n° 92-332 du 31 mars 1992 (J.O. 1^{er} avril 1992) : Sécurité et santé sur les lieux de travail (obligations des maîtres d'ouvrage).

Décret n° 2000-1153 du 29 novembre 2000 et arrêté de même date, relatifs à la nouvelle réglementation thermique (dite NRT 2000) du code de la construction applicable aux bâtiments industriels.

Arrêt prolongé des installations de conditionnement d'air dans les immeubles à usage de bureaux. – R 226. Recommandation de la CNAMTS, Caisse nationale d'assurance maladie des travailleurs salariés (CNAMTS), 1983, 4 p.

Normalisation

Ergonomie des ambiances thermiques. Principes et application des normes internationales pertinentes. – Norme française homologuée. NF EN ISO 11399. Indice de classement X 35-208. La Plaine-Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 2001, 25 p.

Ambiances thermiques. Appareils et méthodes de mesure des grandeurs physique. – Norme française homologuée. NF EN ISO 7726. Indice de classement X 35-202. La Plaine-Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 2002, 62 p.

Ergonomie. Détermination de la production de chaleur métabolique. – Norme française homologuée. NF EN 28996. ISO 8996. Indice de classement X 35-205. La Plaine-

Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 1994, 19 p.

Ambiance chaude. Estimation de la contrainte thermique de l'homme au travail basée sur l'indice WBGT. – Norme française homologuée. NF EN 27243. ISO 7243. Indice de classement X 35-201. La Plaine-Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 1994, 14 p.

Ambiance thermique modérée. Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique. – Norme française homologuée. NF EN ISO 7730. Indice de classement X 35-203. La Plaine-Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 1995, 40 p.

Ergonomie des ambiances thermiques. Détermination analytique et interprétation de la contrainte thermique fondées sur le calcul de l'astreinte thermique prévisible. – Projet de norme. PR NF EN ISO 7933. Indice de classement X 35-204PR. La Plaine-Saint-Denis, Association française de normalisation (AFNOR), 2003, 78 p.

Divers

Conception des lieux de travail et sécurité. Démarches, méthodes et connaissances techniques. – INRS, ED 718, 2000, 128 p. (une nouvelle édition est prévue à l'été 2004)

Travail dans des conditions de chaleur ou de froid extrêmes. – Réponses SST du Centre canadien d'hygiène et de sécurité (CCHST / Canada) <http://www.cchst.ca/>

reponsesst/phys_agents/hot_cold.html

Travail dans des ambiances thermiques chaudes. Effets sur la santé. – Réponses SST du Centre canadien d'hygiène et de sécurité (CCHST / Canada) http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/heat_health.html

Travail dans des ambiances thermiques chaudes. Mesures de protection des travailleurs. – Réponses SST du Centre canadien d'hygiène et de sécurité (CCHST / Canada) http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/heat_control.html

Confort thermique au bureau. – Réponses SST du Centre canadien d'hygiène et de sécurité (CCHST / Canada) http://www.cchst.ca/reponsesst/phys_agents/thermal_comfort.html

Publications du CSST sur les contraintes thermiques. Commission de la santé et de la sécurité au travail (CSST / Québec / Canada) http://www.csst.qc.ca/Publications/Contraintes_thermiques.html

Publications du NIOSH sur les ambiances thermiques chaudes. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH / États-Unis) <http://www.cdc.gov/niosh/topics/heatstress/>

Publications de l'OSHA sur les ambiances thermiques chaudes. Occupational Safety and Health Administration (OSHA / États-Unis) <http://www.osha.gov/SLTC/heatstress/index.html>